家庭婦人バレーボール選手における踵骨の音響的骨評価値

村本名史 *，栗田泰成 *，高根信吾 *，瀧澤寛路 *，古瀬由佳 **，塚本博之 **，
河合　学 ***，今丸好一郎 ****

Osteo-sono assessment index in calcaneus of married volleyball players

Morifumi Muramoto*, Yasunari Kurita*, Shingo Takane*,
Hiromitsu Takizawa*, Yuka Kose**, Hiroyuki Tsukamoto**,
Manabu Kawai***, Kouichirou Imamaru****

Abstract

The purpose of this study was to clarify the effect that playing volleyball has on the prevention of osteoporosis in women. We measured the physique and calcaneal bone density of 183 married volleyball players（48.5 ± 10.2 yrs）and 261 ordinary women（69.8 ± 8.1 yrs）. Bone density was measured by ultrasound using osteo-sono assessment. The volleyball playing period of the married volleyball players was 27.3 ± 10.8 years. Standing height, body weight and bone density of married volleyball players was higher than that of ordinary women. A positive correlation was confirmed between the relative value of bone density and body mass index in married volleyball players. The long competition period of the married volleyball players probably contributes to an increase in their calcaneal bone density. It appears that long-term volleyball playing tends to be effective for the prevention of osteoporosis in Japanese women.

Key Words：married volleyball players, calcaneus, osteo-sono assessment index, osteoporosis
キーワード：家庭婦人バレーボール選手，踵骨，音響的骨評価値，骨粗鬆症

1．緒　　言

日本の骨粗鬆症の診断基準は1996年に作成され，脆弱性骨折のある例では骨密度が若年成人平均値（young adult mean：YAM）の80％未満，脆弱性骨折のない例ではYAMの70％未満が骨粗鬆症とされた[23]．米国立衛生研究所（NIH）は骨粗鬆症を「骨強度の低下を特徴とし，骨折のリスクが増大しやすくなる骨格系疾患」と定義し，骨強度は骨密度と骨質の2つの要因で構成され，骨密度は骨強度の約70％を説明するとした[36]．骨粗鬆症は原発性と続発性に大別され，原発性骨粗鬆症は男性骨粗鬆症，若年性骨粗鬆症，閉経後骨粗鬆症に分類されている．この閉経後骨粗鬆症は，女性ホルモンであるエストロゲン作用の閉経後における急激な低下によって骨吸収の亢進と骨形成の不均衡が生じ，骨量と骨強度が低下するという高骨代謝回転を主体とする病態を呈する[27]．

骨粗鬆症のリスクファクターに関して，世界保健機関（WHO）の研究グループは世界の10コホートより収集したデータから11個の骨折危険因子を同定し，骨折リスク評価ツール（fracture risk assessment tool：FRAX）を作成した[54]．FRAXで挙げられた骨折危険因子は，年齢，性，体重・身長，両親の大腿骨近位部骨折歴，現在の喫煙，ステロイド薬の使用，関節リウマチ，続発性骨粗鬆症の有無，アルコール摂取，大腿骨近位部骨密度であった[16]．骨粗鬆症のリスクファクターについて，改善できるものとして慢性的な不動，微小重力状態，過度のスポーツ，低体重，カルシウム摂取不足，うつ状態，喫煙，過度の飲酒，脂質の過剰摂取，栄養素の欠乏，ホルモン，薬物が挙げられている[1]．この中では「過度のスポーツ」が挙げられており，スポーツの実施による骨の修復ペースを上回る骨へのダメージは，骨折の危険性を高めると考えられる．

また，骨粗鬆症は女性高齢者においてリスクが高まるが，女性アスリートの健康を害する3主徴（骨粗鬆症，摂食障害，無月経）の一つにも挙げられる．この3主徴を呈する女性アスリートは骨折リスクが高まることから[26, 41, 46, 47]，女性アスリートのコンディショニングには骨の状態を含めた定期的な健康管理が必要である．しかし，日本人女子大学生において骨密度は運動やスポーツの実施によって増加することが多く報告されているため[13, 17, 18, 29, 30, 31, 38, 48, 49]，身体活動は適度であれば骨密度の増加に貢献すると考えられている．特に，バレーボール等の跳躍を含むスポーツ種目の経験者の骨密度が高いことが報告されていることから[2, 14, 32, 56]，骨密度増加には強めの力学的刺激が骨に加わることが重要であると推察されている．

* 常葉大学　Tokoha University
** 静岡産業大学　Shizuoka Sangyo University
*** 静岡大学 Shizuoka University
**** 東京女子体育大学 Tokyo Women's College of Physical Education
（受付日：2015年2月26日、受理日：2015年6月3日）

一方，家庭婦人バレーボール選手に関して，長年にわたって競技を継続した選手は過去のバレーボール経験年数が長く[10]，垂直跳で一般人よりも高値であった[53]．また，大学女子バレーボール選手の受傷は手指と足関節に多かったが（共に38.5%）[22]，家庭婦人バレーボール選手の58.0%で活動中に外傷が発生しており，その中では足関節または手部の捻挫が53.0%と最も多かった[37]．さらに鳥居ら（1985）は，家庭婦人バレーボール選手の38.6%に足関節捻挫が発生したことを報告している[51]．以上のように，家庭婦人バレーボール選手の外傷や体力に関する報告はあるが，長期間のバレーボール実施が日本人女性の骨密度へ与える影響は明らかにされていない．そこで本研究は，家庭婦人バレーボール選手における踵骨の骨密度を評価することによって，長期にわたってバレーボールを競技することが日本人女性の骨粗鬆症予防へ及ぼす効果について検討することを目的とした．

2．方　　法

1）対　象

静岡県において実施されたママさんバレーボール大会（2014年6月～11月）において，研究の趣旨や内容を説明し同意が得られた選手183名（48.5 ± 10.2歳．最高79.8歳，最低26.8歳．以下，バレーボール選手）を対象として骨密度および体格（身長，体重，体脂肪率）を測定した．また，アンケート用紙を用いて運動・スポーツ歴を出産・育児等による活動休止期間も含めて調査し，バレーボールの競技期間を算出した．さらに，健康生活教室に参加した50～80歳の一般中高年女性261名（69.8 ± 8.1歳．以下，中高年女性）を対照群とし，各項目について比較した．なお本研究は，常葉大学研究倫理委員会の承認を得て実施した．

2）測定方法および評価

体重および体脂肪率は体組成計（TANITA社製，BC-621）を用いて測定し，得られた結果から体格指数（body mass index：BMI），体脂肪量，および除脂肪量を村本ら[33]と同様の方法で求めた．

超音波骨密度測定装置（ALOKA社製AOS-100SA）を用いて，右踵骨の超音波伝播速度（speed of sound：SOS）と超音波が踵骨を透過する時の減衰周波数特性に関連する指標（transmission index：TI）を計測し，式①によって算出された音響的骨評価値（osteo sono-assessment index：OSI）を記録した．

$$OSI = TI \cdot SOS^2 \quad ①$$

骨粗鬆症の治療モニタリングは二重X線吸収法（dual X-ray absorptiometry：DXA）による腰椎（測定不適の場合は大腿骨）の測定で行われているが[6]，今回使用した踵骨OSIはDXAによる女性の腰椎骨量と有意な正の相関（$r = 0.601, p < 0.001$）が認められ，腰椎骨量の性別年齢別推移で類似傾向も示すために骨量の多少を測定するスクリーニングに用いることができると考えられている[9]．他にも，踵骨OSIはDXAによる腰椎，大腿骨頸部，橈骨測定値との関係が検討され，有意で高い相関を示したことが報告されている[28, 55, 57]．OSI算出に用いられた定量的超音波測定法（quantitative ultrasound：QUS）は放射線被曝が無く，無侵襲で測定時間が短く，測定装置の持ち運びが簡単でコストパフォーマンスも高いため，骨粗鬆症早期発見のために骨密度測定装置を用いて集団検診を行う患者のスクリーニングに適しているとされ[60]，骨粗鬆症骨折のリスク評価に用いられている[5]．また踵骨へのQUS法は，日本骨粗鬆症学会，日本骨代謝学会，骨粗鬆症財団から構成される骨粗鬆症の予防と治療ガイドライン作成委員会によって骨粗鬆症検診で踵骨QUSを用いる意義は述べられ[23]，骨粗鬆症予防事業に用いる骨量測定法としても認められている[24]．さらに，骨粗鬆症によってリスクが高まる骨折について，QUSはDXAによる骨密度とほぼ同程度に骨折を予知し[3]，QUSの測定値が1SD低下すると骨折リスクは1.5倍から2.5倍に増大することが報告されている[4]．加えてHansらも，踵骨QUSが大腿骨頸部骨折リスクの予測に，DXAと同程度であること[7]や他の臨床的リスクファクターをさらに組み合わせれば有望であること[8]を述べているため，踵骨OSIによって骨粗鬆症リスクは判別可能であると考えられる．

年齢の異なる対象者のOSIを比較するため，OSIの測定値（measured value：MV）および年齢別標準値[11]（standard value：SV）から式②[50]を用いて年齢調整値（age-matched OSI）を算出し，骨密度の評価に使用した．

$$\textit{age-matched OSI}\ (\%) = (MV / SV) \cdot 100 \quad ②$$

3）統計解析

結果は，平均±標準偏差で示した．バレーボール選手および中高年女性について，OSI，OSI年齢調整値および体格を独立したサンプルの t 検定を用いて比較した．また，OSI年齢調整値と体格関連指標（体重，体格指数，除脂肪量，体脂肪量）の関係についてPearsonの相関係数（r）を求め，有意性の検定を行った．なお，統計的有意水準は危険率5%未満とし，分析には統計処理ソフト（IBM SPSS Statics Version 21）を使用した．

3．結　　果

1）体格，音響的骨評価値（OSI）およびバレーボール競技期間

バレーボール選手（married volleyball players）および中高年女性（ordinary women）の身長（height），体重（weight），体格指数（BMI），体脂肪率（body fat），除脂肪量（lean body mass：LBM），および体脂肪量（fat mass）を表1に

表1 家庭婦人バレーボール選手と中高年女性の体格

	Standing height (cm)		Body weight (kg)		BMI (kg/m^2)	Body fat (%)	LBM (kg)	Fat mass (kg)
Married volleyball players	160.6±5.9	**	58.2±8.0	**	22.5±2.7	26.7±6.3	42.3±3.8	15.9±5.7
Ordinary women	151.4±5.6		51.7±9.7		22.4±4.5	—	—	—

mean ± SD, **: $p < 0.01$

示した．なお，中高年女性は体脂肪率を測定していないために，体脂肪率，除脂肪量，体脂肪量の数値を示していない．バレーボール選手は中高年女性に比べて，身長(standing height)および体重(body weight)において有意に($p < 0.01$)大きかった．体格指数について，両群の間に有意差は認められなかった．

バレーボール選手および中高年女性の音響的骨評価値(OSI)と身長(図1)，体重(図2)の関係を示した．バレーボール選手のOSIは2.853 ± 0.374であり，中高年女性のOSIは2.372 ± 0.537であった．両群のOSIを比較した結果，バレーボール選手が有意に($p < 0.01$)高値を示した．

バレーボール選手の競技期間は27.3 ± 10.8年であり，年齢に占める競技期間の割合は56.3%であった．
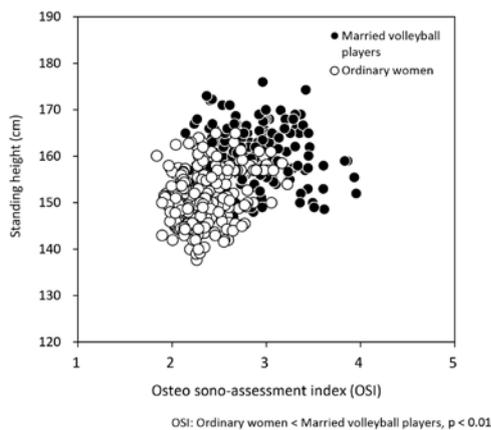
図1 家庭婦人バレーボール選手と一般中高年女性における身長と音響的骨評価値（OSI）
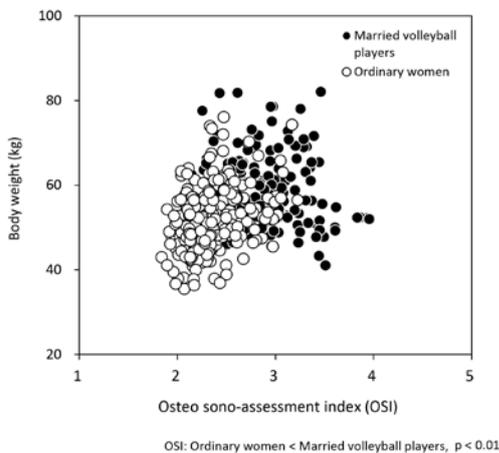
図2 家庭婦人バレーボール選手と一般中高年女性における体重と音響的骨評価値（OSI）

2) OSI年齢調整値(age-matched OSI)

バレーボール選手のOSI年齢調整値(age-matched OSI)は111.9 ± 13.3%であったことから，バレーボール選手のOSIは同年齢の平均値よりも高値であった．また，中高年女性のOSI年齢調整値が104.7 ± 23.1%であったことから，中高年女性のOSIは同年齢の平均値よりもやや高かった．両群のOSI年齢調整値を比較した結果，バレーボール選手が有意に($p < 0.01$)高値を示した(図3)．
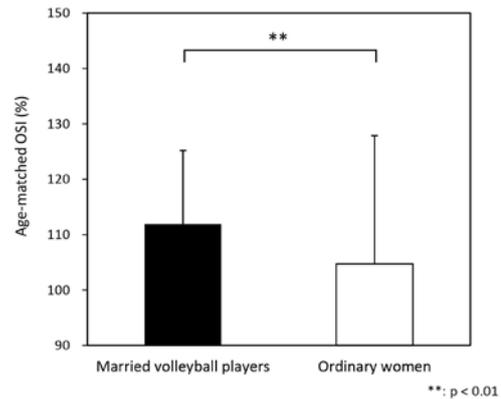
図3 家庭婦人バレーボール選手と一般中高年女性のOSI年齢調整値

3) OSI年齢調整値と体格

バレーボール選手および中高年女性の骨密度と体格の関係を検討した．その結果，バレーボール選手におけるOSI年齢調整値と体格指数(body mass index)の間に有意な正の相関($r = 0.156$, $p < 0.05$，図4)が認められた．バレーボール選手のOSI年齢調整値と体重($r = 0.081$, $p = 0.278$)，除脂肪量($r = -0.004$, $p = 0.953$)，体脂肪量($r = 0.116$, $p = 0.119$)，中高年女性のOSI年齢調整値と体重($r = 0.104$, $p = 0.096$)，BMI($r = 0.100$, $p = 0.109$)の間には有意な相関は認められなかった．
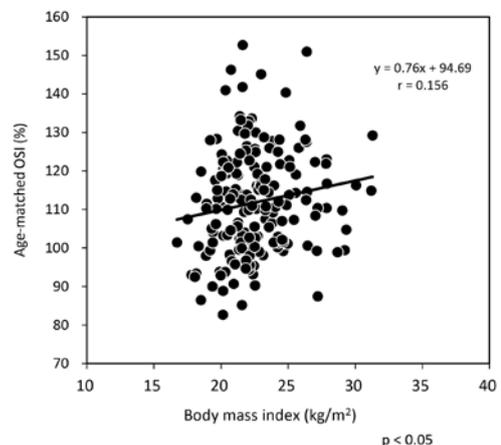
図4 家庭婦人バレーボール選手におけるOSI年齢調整値と体格指数

4．考　　察

1）体　格

バレーボール選手の身長および体重は，中高年女性に比べて高値を示した．バレーボール選手の平均年齢49歳における女性の全国値は身長155.3 ± 5.3cm，体重54.1 ± 6.6kg，体格指数(BMI)22.7 ± 2.7kg/m^{2}であり[45]，バレーボール選手は身長および体重は全国値よりもやや高値でありBMIは全国値と大きな差はなかったことから，体格は大きいが体型は標準的であったと考えられる．中高年女性の平均年齢70歳における女性の全国値は身長149.5 ± 5.3cm，体重51.8 ± 7.4kg，BMI23.0 ± 3.3kg/m^{2}であり[45]，中高年女性の身長，体重，BMIは全国値と大きな差はなかったことから標準的な体格および体型であったと思われる．

2）骨密度

骨密度と体格の関係について，女子大学生のBMI低値群は骨密度も低く[52]，女子大学生の骨密度は体重およびBMIと有意な正の相関があったことが報告されている[48]．本研究でも同様に，家庭婦人バレーボール選手のOSI年齢調整値から評価した骨密度とBMIには有意な正の相関が認められた．しかし，骨密度は除脂肪量と強い関連があることも報告されており[12) 20) 21) 58]，体重そのものではなく除脂肪量が骨密度に強い影響を与えている可能性が指摘されている．女子大学生を2年間縦断的に観察した結果，骨量の変化率は体格要素の中でも特に除脂肪量の変化と強く関連したことも報告され[59]，除脂肪量を維持・増加させるぐらいの少し強めの運動が骨に対する望ましい刺激であると考えられている．我々も女子大学生のOSIと体重，BMI，除脂肪量，体脂肪量の間に有意な正の相関を確認したが[34]，本研究では家庭婦人バレーボール選手の骨密度と体重，除脂肪量，体脂肪量の間には相関は認められなかった．荷重によって骨に加わるメカニカルストレスは骨形成を刺激する最も重要な因子であり，荷重によって骨の一部に微小な亀裂(micro damage)が生まれ，骨リモデリング(bone remodeling)によって修復されると考えられている[43]．バレーボールにおけるスパイク時には腰椎へ約28Gの衝撃が加わっていることから[39]，バレーボール選手の腰椎や下肢の荷重骨には低体重者であっても骨密度増加に必要な荷重は生じていると考えられる．さらに骨量の増減は，micro damageが誘引となる骨吸収量とbone remodeling等による骨形成量のバランスによって決定される．除脂肪量が大きいバレーボール選手では，競技の実施によって生じる過剰な荷重のためにbone remodelingを上回るmicro damageが生じ，結果として除脂肪量増加によって期待できる骨量が得られていない可能性も存在する．以上のことより骨密度と体格の関係は，バレーボール等の跳躍によって身体に大きな衝撃が生じる種目の女性スポーツ選手では，一般女性と異なる可能性が推察される．

運動習慣と骨密度の関係について，運動習慣がある者の骨密度[13) 17) 31) 38]や骨量の変化率が高値を示したこと[59]が報告されている．澤ら[42]は，女子学生における下肢の骨密度は小学・中学・高校時の生活活動強度と正の相関があるが，現在の生活活動強度とは無相関であったとした．しかし，中・高校時代の運動経験は骨密度に影響は認められなかったが，クラブ活動に加入して運動を行っている運動群は1年後に有意に骨密度は増加し，骨密度の変化量は非運動群に比べて有意に大きかった[29]という報告もある．また，女性体操選手の1年間における骨塩量の増加量は非運動群を上回り[25]，ランニングを実施している閉経前女性は同年齢女性に比べて骨密度は高くはなかったが，未成年期に体重の1倍以上の床反力が加わるスポーツを実施していれば骨密度が高値となった[44]．さらに，宮元と石河[30]は女子大学生について，高校運動群の骨密度が高く，中高の運動経験年数は骨密度との関連が高かったと述べている．一方，high impact sports実施者の骨密度が高かったことから[2) 32) 56]，骨密度増加にはある程度強い運動刺激が必要であると考えられている．若年女性において，6か月の最大努力によるジャンプ運動(10回/日，3日/週)によって，骨塩量の増加が得られたこと[18]からも，若年女性バレーボール選手は練習や試合という競技活動によって一般女性よりも高い骨密度の獲得が期待できる．

本研究で対象としたバレーボール選手はOSI年齢調整値が111.9%であったことから，同年代の女性に比べて高い骨密度を獲得していた．またバレーボール選手は，健康生活教室に参加した中高年女性に比べてもOSI年齢調整値が有意に高かったことから，健康について積極的な女性と比較しても骨密度は高値であった．一般女子大学生に比べ，大学女子バレーボール選手の腰椎・下肢・踵骨の骨塩量は高く[49]，大学女子バレーボール選手のSOSは高値であったことも確認されており[35]，女子バレーボール選手は青年期から中高年期にわたって高い骨密度を獲得していると推察される．

家庭婦人バレーボール選手の家庭婦人での競技期間は18.7 ± 5.0年，家庭婦人以前は4.3 ± 4.2年と競技期間は長い傾向であり[10]，本研究においても平均27.3年という半生以上のバレーボール競技期間であったことから，家庭婦人バレーボール選手は非常に長い期間においてバレーボールを実施する傾向であると考えられる．また，家庭婦人バレーボール選手が活動を長期間継続する要因には身体に対する関心度が高いことがあり[10]，家庭婦人バレーボール選手の活動目的には運動不足の解消，健康保持，ストレス解消が多かった[19]．よって，家庭婦人バレーボール選手は，身体の状態に注意しながら健康保持・増進を目的として長期間活動する傾向があると推察される．さらに，家庭婦人バレーボール選手で骨折発生率は6.4%と低値であったこ

と[37]や大学女子バレーボール選手で競技中断が必要となる手術既往歴率は3.9%であったが荷重骨である腰椎や下肢の骨折は無かったことから[22]，家庭婦人バレーボール選手は長期にわたり競技するが骨折等の骨格系疾患による競技引退する割合は低いことが推測される．以上のことから，骨強度または骨密度が高い家庭婦人バレーボール選手が競技を長期間継続してきたのではなく，身体の状態や健康を意識しながらバレーボールを継続した結果として競技中の跳躍等による力学的負荷へ適応するために骨密度が高まった可能性が高い．

女性の骨粗鬆症予防について，エストロゲン低下によって閉経後の女性は骨密度が減少することから，骨密度増加が期待できる青年期までにスポーツ実施を含めた好ましい生活習慣によって骨密度を高めておくことが有効である．骨粗鬆症がもたらす骨折は寝たきりや施設入所等の不動化（immobility）をもたらすため，高齢者の生活の質（quality of life：QOL）低下を防ぐためにも骨粗鬆症予防は重要である．女性の骨粗鬆症に対する運動療法も存在するが[15]，医療費だけでなく患者のQOL，改善・治療の難度，重症化の危険性等の観点から，女性における骨粗鬆症の１次予防が必要であることは明らかである．日本人女性は最大骨量（peak bone mass：PBM）を18歳頃に獲得し[40]，本研究の家庭婦人バレーボール選手は同年代や健康生活教室に参加した中高年女性よりも高い骨密度を獲得していた．以上のことから，長期間のバレーボール実施は女性の骨密度を増加させ，加齢に伴う日本人女性の骨粗鬆症を予防するためにはPBMを獲得する18歳以前から長期にわたってバレーボール等の跳躍動作を含むスポーツの実施が有効であることが推察された．しかし，女性の骨粗鬆症予防に適したスポーツ種目（運動強度），運動頻度，運動時間等を検討するには，各種目における女性スポーツ選手の骨密度とその関連因子についてさらに検討する必要がある．

5．結　　論

家庭婦人バレーボール選手は同年代や健康生活教室に参加した中高年女性よりも高い踵骨の音響的骨評価値（OSI）を獲得していたことから，家庭婦人バレーボール選手は踵骨の骨密度が高く骨粗鬆症のリスクが低くなる可能性があると考えられる．よって，若年期からバレーボールを長期間実施することは女性の骨粗鬆症予防に有効であると推察される．

謝　　辞

本研究は，平成26年度常葉大学共同研究費「女子バレーボール選手における骨密度と運動歴の関係」の補助を受けて実施したものである．家庭婦人バレーボール選手の骨密度測定には，静岡県ママさんバレーボール連盟にご協力頂いた．また，中高年女性のデータは高橋和文先生（金城学院大学）および池上久子先生（南山大学）よりご提供頂いた．ここに記して謝意を表す．

参　考　文　献

1）Bartl, R. and Frisch, B., 中村利孝監訳：骨粗鬆症－診断・予防・治療ガイド－．メディカル・サイエンス・インターナショナル，pp.42-51，2007

2）Dook, J.E., James, C., Henderson, N.K. et al.：Exercise and bone mineral density in mature female athletes. Med Sci Sports Exerc，29（3），pp291-296，1997

3）藤原佐枝子：QUSの測定法．Osteoporosis Japan, 13（1），pp43-44，2005

4）Fujiwara, S., Sone, T., Yamazaki, K. et al.：Heel bone ultrasound predicts non-spine fracture in Japanese men and women. Osteoporos Int，16（12），pp2107-2112，2005

5）福永仁夫，曽根照喜，吉川邦彦：骨粗鬆症　診断　画像診断　DXA，QUS，X線写真．日本臨床，64（9），pp1615-1620，2006

6）五來逸雄：ガイドラインを生かした骨粗鬆症患者の治療．Medical Practice，21（10），pp1721 -1724，2004

7）Hans, D., Dargent-Molina, P., Schott, A.M. et al.：Ultrasonographic heel measurements to predict hip fracture in elderly women：the EPIDOS prospective study. Lancet，348（9026），pp511-514，1996

8）Hans, D., Durosier, C., Kanis, J.A. et al.：Assessment of the 10-year probability of osteoporotic hip fracture combining clinical risk factors and heel bone ultrasound：the EPISEM prospective cohort of 12,958 elderly women. J Bone Miner Res，23（7），pp1045-1051，2008

9）原島三郎，三輪祐一，小野川尊ほか：UXA-300特型による超音波法踵骨OSI値とBMD-IXによるDXA法腰椎，大腿骨頚部，全身骨骨量，DX-2000によるDXA法踵骨骨量との相関について．日健診誌，24（3），pp291-296，1997

10）林　喜美子，湊　久美子：家庭婦人が生涯スポーツ活動に長年に渡って参加できる要因．和洋女子大学紀要　家政系編，34，pp61-78，1994

11）日立アロカメディカル株式会社：超音波骨密度測定装置AOS-100SA取扱説明書．p.263-264，2012

12）池田順子，中谷公子，樹山敏子ほか：青年女子の骨密度に影響を及ぼす要因の検討．日本公衛誌，43（7），pp570-577，1996

13）池上久子，鶴原香代子，松田秀子ほか：大学生の骨密度と運動・スポーツ実施状況との関連．大学保健体育研究，29，pp1-9，2010

14) 池上久子，畑山知子，鶴原香代子ほか：大学生の骨密度とスポーツ実施種目との関連．大学保健体育研究，30，pp1-8，2011
15) 岩本　潤：骨粗鬆症に対する運動療法．産科と婦人科，79（12），pp1524-1529，2012
16) Kanis, J.A., Oden, A., Johnell, O. et al.：The use of clinical risk factors enhances the performance of BMD in the prediction of hip and osteoporotic fractures in men and wemen．Osteoporos Int，18（8），pp1033-1046，2007
17) 加藤恵子，池上久子，鶴原香代子ほか：大学生の身体活動量と身体的特徴，健康・体力の自己評価，運動経験との関連．大学保健体育研究，28，pp1-10，2009
18) Kato, T., Terashima, T., Yamashita T. et al.：Effect of low-repetition jump training on bone mineral density in young women．J Appl Physiol，100（3），pp839-843，2006
19) 河合　学，稲村欣作：静岡県における「家庭婦人バレーボール」の実態について－1982年スポーツ祭より－．静岡大学教養部研究報告　自然科学篇，19，pp45-61，1984
20) 金　憲経，田中喜代次，中西とも子ほか：骨密度の加齢に伴う変化および身体組成との関連－成人女性について－．体力科学，48（1），pp81-90，1999
21) Kroke, A., Klipstein-Grobusch, K., Bergmann, M.M. et al.：Influence of body composition on quantitative ultrasound parameters of the os calcis in a population-based sample of pre- and postmenopausal women．Calcif Tissue Int, 66（1），pp5-10，2000
22) 栗田泰成，村本名史，平野幸伸ほか：大学女子バレーボール選手における傷病歴と疼痛の分析－リハビリテーションの立場より－，常葉大学健康科学部研究報告集，1，87-91，2014
23) 骨粗鬆症の予防と治療ガイドライン作成委員会：骨粗鬆症の予防と治療ガイドライン2011年版．ライフサイエンス出版，p2，p49，2011
24) 骨粗鬆症財団：老人保健法による骨粗鬆症予防マニュアル第2版．日本医事新報社，p69，2000
25) Lehtonen, V.M, Mottonen, T., Irjala, K. et al.：A 1-year prospective study on the relationship between physical activity, markers of bone metabolism, and bone acquisition in peripubertal girls．J Clin Endocrinol Metab，85（10），pp3726-3732，2000
26) 松田貴雄，秦　祥彦，釘宮基泰ほか：女性アスリートの疲労骨折．臨床スポーツ医学，27（4），pp383-388，2010
27) 松本俊夫：骨粗鬆症のパラダイムシフト－定義と分類についての最近の考え方－．日本臨牀，65（9），pp13-19，2007
28) 三井博行，原田征行，熊沢やすしほか：踵骨超音波骨評価装置AOS － 100の使用経験－各パラメーターの基準値設定および橈骨骨密度との比較について－．Osteoporosis Jpn，6（2），pp347-350，1998
29) 三毛美恵子，山川正信，須藤聖子ら：女子学生における骨粗鬆症予防のための知識や運動と骨密度の関係．日本看護研究学会雑誌，28（1），pp53-62，2005
30) 宮元章次，石河利寛：成長期の規則的な運動が大学生の骨密度に及ぼす効果．体力科学，42，pp37-45，1993
31) 村本名史，鶴原香代子，松田秀子ほか：大学生における運動およびスポーツ実施状況と骨密度．山口福祉文化大学研究紀要，3，pp37-42，2010
32) 村本名史，鶴原香代子，松田秀子ほか：大学生におけるhigh impact sportの実施期間と骨密度．大学保健体育研究，31，pp1-8，2012
33) 村本名史，栗田泰成，高根信吾ほか：大学女子バレーボール選手における跳躍高および等速性膝関節筋力の関係．バレーボール研究，16（1），pp1-6，2014a
34) 村本名史，大隈節子，高橋和文ほか：大学生における体格と音響的骨評価値を用いた骨密度の関係．大学保健体育研究，33，pp1-7，2014b
35) 村本名史，大隈節子，高橋和文ほか：バレーボールおよびバスケットボールにおける大学女子選手の骨密度．大学保健体育研究，34，pp1-8，2015，
36) National Institutes of Health：Osteoporosis Prevention, Diagnosis, and Therapy．NIH Consensus Statement，17，pp1-36，2000
37) 大橋恵子，林　喜美子：家庭婦人バレーボール選手のスポーツ外傷．和洋女子大学紀要　家政系編，26，pp195-206，1986
38) 大畑智弘，上地　勝，市村國夫ほか：女子短大生の骨強度と運動習慣との関連．学校保健研究，47（6），pp535-542，2006
39) 大槻伸吾，大久保衛，小池達也ほか：運動時の衝撃が骨塩量に与える影響．臨床スポーツ医学，14（11），pp1291-1296，1997
40) Orito, S., Kuroda, T., Onoe, Y. et al.：Age-related distribution of bone and skeletal parameters in 1,322 Japanese young women．J Bone Miner Metab，27（6），pp698-704，2009
41) 桜庭景植，若松健太，窪田敦之ほか：女子長距離ランナーと骨粗鬆症・疲労骨折－骨代謝マーカーおよび骨質関連マーカーを中心に－．日本臨床スポーツ医学会誌，21（3），pp561-564，2013
42) 澤　純子，藤井淑子，西川貴子ほか：女子学生における全身および各部位骨密度に及ぼす生活活動と食習慣の影響．栄養学雑誌，59（6），pp285-293，2001
43) 菅本一臣：メカニカルストレスによる骨形態変化．最新医学，63（11），pp2199-2203，2008

44）隅田祥子，岩本　潤，大谷俊郎：ランニング習慣を持つ閉経前女性の骨密度と未成年期のスポーツ歴との関連．日本臨床スポーツ医学会誌，20（1），pp122-129，2012
45）首都大学東京体力標準値研究会編：新・日本人の体力標準値Ⅱ．p26，p77，p145，2007
46）鈴木なつ未，相澤勝治，中村真理子ほか：女性アスリートの骨代謝動態に月経状態および種目特性が及ぼす影響．日本臨床スポーツ医学会誌，16（1），pp72-78，2008
47）高松　潔，小川真里子：女性と運動．臨床スポーツ医学，25（3），pp255-261，2008
48）竹本康史，西田弘之，小野木満照ほか：女子大学生の骨密度と体格・体力および生育歴との関係．学校保健研究，38（4），pp315-322，1996
49）建部貴弘，三浦隆行，中川武夫ほか：バレーボールが身体部位別骨塩量に与える影響．日本臨床スポーツ医学会誌，11（1），pp63-70，2003
50）友光達志：QUSの測定法．Osteoporosis Japan，13（1），pp27-30，2005
51）鳥居　俊，陶山哲夫，久野木順一ほか：家庭婦人バレーボール選手の足関節傷害と跳躍力．体力科学，34（6），p574，1985
52）鶴原香代子，松田秀子，加藤恵子ほか：男女大学生のBMIと骨密度，運動経験との関連．大学保健体育研究，32，pp1-9，2013
53）渡辺一志，田中喜代次，山田　尚ほか：家庭婦人バレーボール選手の体力医学的検討．体力科学，33（6），p471，1984
54）World Health Organization：WHO scientific group on the assessment of osteoporosis at primary health care level．Summary Meeting Report Brussels, Belgium，2004
55）大和　雄，串田一博，山崎　薫ほか：AOS-100によるOsteo Sono-Assesment Indexの評価．日本骨形態計測学会雑誌，8（2），pS48，1998
56）柳　久子，原　修一，平野千秋ほか：若年期からの運動習慣は，最大骨密度を効果的に増加させるか－健常成人女性における検討．デサントスポーツ科学，21，pp103-112，2000
57）谷澤龍彦，遠藤直人，高橋栄明ほか：超音波骨評価装置AOS-100とDXA法による踵骨，腰椎測定値の検討．第4回日本骨粗鬆症研究会プログラム・抄録集，p.105，1995
58）横内樹里，安藤大輔，小野悠介ほか：女子大学生の踵骨超音波計測値と体格要素の関係．体力科学，52（5），pp639-644，2003
59）横内樹里，安藤大輔，小野悠介ほか：女子大学生における2年間の骨量変化に対する体格・生活習慣因子の影響．体力科学，55（3），pp331-340，2006
60）吉村典子：臨床応用－スクリーニング－，Osteoporosis Japan，13，pp39-42，2005